

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EPO - Munich  
20  
01. Sep. 2000

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

Ep 00 / 06881

REC'D	15 SEP. 2000
WIPO	PCT

**Aktenzeichen:** 100 11 331.1

**Anmeldetag:** 10. März 2000

**Anmelder/Inhaber:** Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung eV, München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Herstellung eines Werkstoff-  
verbundes, danach hergestellter Werkstoff-  
verbund, Formteil aus einem solchen Werk-  
stoffverbund und Verfahren zu dessen Her-  
stellung 4

**IPC:** B 32 B, B 29 C, B 29 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. August 2000  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

*Guillemeir*

Wassmuth

PATENTANWÄLTE  
DIPL.-ING. HEINER LICHTI

DIPL.-PHYS. DR. RER. NAT. JOST LEMPERT  
DIPL.-ING. HARTMUT LASCH

D-76207 KARLSRUHE (DURLACH)  
POSTFACH 410760  
TELEFON: (0721) 9432815 TELEFAX: (0721) 9432850

Fraunhofer-Gesellschaft  
zur Förderung der angewandten  
Forschung e.V.  
Leonrodstraße 54

10. März 2000  
17305.7 Lj/bl

80636 München

Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes, danach  
hergestellter Werkstoffverbund, Formteil aus einem solchen  
Werkstoffverbund und Verfahren zu dessen Herstellung

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines  
Werkstoffverbundes aus einem Partikelschaum aus einem ther-  
moplastischen Kunststoff und wenigstens einer mit diesem  
verbundenen Schicht, indem die vorgeschäumten Partikel auf  
eine Temperatur im Bereich der Schmelztemperatur erhitzt  
und währenddessen oder danach mit der Schicht verbunden  
werden. Ferner betrifft die Erfindung einen nach diesem  
Verfahren hergestellten Werkstoffverbund, bestehend aus ei-  
nem Partikelschaum und wenigstens einer mit diesem verbun-  
denen Schicht sowie Formteile aus einem solchen Werkstoff-  
verbund und Verfahren zu deren Herstellung.

15 Thermoplastische Kunststoffe und hieraus durch Expansion  
hergestellte Kunststoffschäume, insbesondere Partikelschäu-  
me, finden vielfältige Verwendung. Kunststoffschäume werden  
zumeist als Isolationsschicht gegen Wärme, Schall oder Stoß  
und aus Gründen der Gewichtseinsparung gegenüber Kompaktma-  
terialien eingesetzt. Sie nehmen jedoch nur in begrenztem

Maß Kräfte auf und sind zumeist auch nicht abriebfest und nicht diffusionsdicht. In den meisten Anwendungsfällen muß daher der Kunststoffschaum zumindest einseitig beschichtet oder vollständig umhüllt werden, wobei der Schicht- bzw.

5 Hüllwerkstoff je nach Anwendung z.B. eine glatte, gegebenenfalls dekorative eine abriebfeste oder dichte Oberfläche liefern und/oder dem Formteil eine erhöhte Festigkeit verleihen soll. Der Deck- bzw. Hüllwerkstoff kann zu diesem Zweck beispielsweise eine Faserverstärkung aufweisen. Sol-

10 che Werkstoffverbunde werden in technischen Bauteilen, z.B. als Verkleidungsteile in der KFZ-Technik, für Gehäuse, Verpackungen oder dergleichen, eingesetzt.

Bei solchen Verbundwerkstoffen wird z.B. der Kunststoff-

15 schaum nach seiner Herstellung und Formbildung mit einer Deckschicht durch Kleber, Lösungsmittel od. dgl. verbunden. Weiterhin ist es bekannt, die Deckschicht vorzufertigen und anschließend mit den Schaumpartikeln zu hinterschäumen. Das erste Verfahren ist aufwendig und in der Regel wenig um-

20 weltverträglich. Bei Beanspruchungen kann es zu Delaminierungen kommen. Bestehen der Kunststoffschaum und die Deckschicht aus verschiedenen Polymeren, so fehlt es häufig an einer innigen Verbindung zwischen Deckschicht und Kunststoffschaum. Bei entsprechender Beanspruchung kann die Deckschicht delaminieren oder reißen und dadurch der Kunststoffschaum desintegriert werden oder die Schaumstruktur unter Umständen sogar zerfallen.

Es sind Verbundwerkstoffe aus Polyurethanschäumen mit auf-

30 kaschierten, z.B. auflaminierten oder geklebten Dekorfolien aus Polyurethan oder Polyvinylchlorid (PVC) bekannt. Nachteilig ist, daß Polyurethane aufgrund ihrer duroplastischen Eigenschaften nur bedingt recycelbar sind und daher entweder thermisch verwertet oder in aufwendigen und teuren

35 Verfahren granuliert werden müssen, um das Granulat zu

meist minderwertigeren Produkten zu verarbeiten. Besteht die Dekorfolie aus PVC, so ist ein Recycling aufgrund mangelnder Sortenreinheit noch schwieriger und auch die thermische Verwertung aufgrund des Chlorgehalts problematisch.

5 Bei der thermischen Verwendung PVC-haltiger Kunststoffe bilden sich polychlorierte Dibenzodioxine und -furane; beispielhaft sei das als "Seveso-Gift" bekannt gewordene 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin genannt, welches die höchste Toxizität der gegenwärtig bekannten organischen Verbindungen aufweist.

10

Die DE 37 22 873 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Ausstattungsteils, insbesondere eines Verkleidungsteils für Kraftfahrzeuge, mit einer dünnwandigen Trägerschicht, einer Zwischenschicht und einer Dekorschicht, wobei die Trägerschicht mit dem Kunststoffschäum verschmolzen und die Dekorschicht insbesondere durch Flammkaschieren mit dem Kunststoffschäum verpreßt oder auf übliche Weise aufkaschiert wird. Der Kunststoffschäum besteht aus Polyethylen

15 und die Trägerschicht aus Blech oder aus einem Polypropylen enthaltenden Faservlies bzw. einem Polypropylen enthaltenden Glasfasermaterial. Polyolefin-Schäume weisen eine nur mangelhafte Wärmeformbeständigkeit auf und sind nur bis etwa 100°C bis 110°C formstabil. Für viele Formteile, die beispielsweise Sonneneinstrahlung, Heißluft oder Abwärme ausgesetzt sind, reicht dies nicht aus. Dies gilt insbesondere auch für die Automobilindustrie, die eine Wärmeformbeständigkeit bis mindestens 120°C fordert.

20

Der DE 41 41 113 A1 ist ein Verbundkörper in Form eines KFZ-Verkleidungsteils entnehmbar, welcher aus einem Polyolefin-Partikelschäum und einer auf diesen aufkaschierten Dekorschicht aus gleichfalls polyolefinischen Polymeren besteht. Die Dekorschicht weist ein mehrlagiges Gewirke oder

30 Gewebe mit eingewirkten Abstandhaltern aus Polymerfäden und

35

entweder eine dekorative textile Oberfläche auf, oder die Dekorschicht ist mit einer auflaminierten Folie auf der Basis olefinischer Polymere beschichtet. Dieser Werkstoffverbund ist zwar sortenrein, aber gleichfalls von mangelhafter Wärmeformbeständigkeit.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines umweltfreundlichen Werkstoffverbundes mit einem festen Verbund zwischen dem Partikelschaum und der mit diesem verbundenen Schicht und einer erhöhten Temperaturbeständigkeit und Temperaturwechselfestigkeit. Die Aufgabe ist ferner auf solche Werkstoffverbunde, auf Formteile aus einem solchen Werkstoffverbund und auf Verfahren zur Herstellung derartiger Formteile gerichtet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Partikelschaum aus Polyalkylenterephthalat oder einem Blend aus Polyalkylenterephthalat mit einem niedrigen Kristallitanteil in ansonsten amorpher Phase eingesetzt wird, und daß der Partikelschaum bei der Bildung des Formkörpers bzw. des Verbundes mit der Schicht und/oder anschließend daran bei einer die amorphen Phase in einen höheren Gesamtkristallitanteil umwandelnden Temperatur getempert wird.

Es ist zwar bekannt (JP 20 73 836 A), Schaumpartikel zusammen mit einem Granulat aus einem Polymer mit niedrigerem Schmelzpunkt auf einen Extruder aufzugeben, dessen Temperatur so geführt ist, das nur das Granulat erschmolzen wird. Die Mischung aus Polymerschmelze und Schaumpartikeln wird dann in eine Spritzgießform überführt. Der Formkörper besteht also aus einer Polymermatrix mit eingebetteten Schaumpartikeln. Unter der Vielzahl der angegebenen Polymere ist auch PET genannt, ohne daß hierfür irgendwelche Auswahlkriterien angegeben sind.

Die Erfindung nutzt zunächst die höhere Temperaturbeständigkeit und Temperaturwechselfestigkeit der Polyalkylenterephthalate, insbesondere des PET, deren Schmelzpunkt im Bereich von 250°C und deren Erweichungspunkt im Bereich von 200°C liegt. Diese relativ hohen Temperaturen erfordern allerdings bei der Herstellung des Formkörpers aus dem Partikelschaum einen entsprechend hohen Energieeinsatz. Beispielsweise bedeutet dies bei der herkömmlichen Formkörperherstellung durch Heißdampf, daß ein Dampfdruck von mehr als 16 bar erforderlich ist. Der notwendige Energieeinsatz ist also erheblich. Ferner sind entsprechende konstruktive Maßnahmen an der Formeinrichtung notwendig, um dieser die notwendige Druckdichtheit, insbesondere in der Trennebene zu verleihen. Die Formwerkzeuge selbst müssen entsprechende Wandstärken aufweisen. Dabei steigen nicht nur die Investitionskosten, sondern wird der Energieaufwand aufgrund der hohen Wärmekapazität der Formeinrichtung weiter erhöht. Praktische Versuche haben gezeigt, daß ca. 95 % des Energieeinsatzes auf die Aufheizung der Formeinrichtung entfallen, so daß eine wirtschaftliche Formteilherstellung nicht zu realisieren ist.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das geschäumte oder vorgeschäumte Polyalkylenterephthalat in einer Konfiguration mit niedrigem Kristallitanteil in einer ansonsten amorphen Phase eingesetzt, dessen Erweichungstemperatur nennenswert unterhalb der Erweichungstemperatur von Polyalkylenterephthalaten in den herkömmlichen Verwendungsformen liegt. Ein solches Polyalkylenterephthalat mit geringem Kristallitanteil weist allerdings nicht die für den fertigen Formkörper bzw. das Formteil erwünschten Werkstoffeigenschaften auf. Es hat sich gezeigt, daß durch ein Tempern des Partikelschaum-Formkörpers während oder nach seiner Herstellung der Kristallitanteil aus der amorphen Phase

heraus beträchtlich erhöht werden kann, so daß der Partikelschaum im Rahmen des Werkstoffverbundes die üblichen gewünschten Eigenschaften aufweist. Das Verbinden der Partikel läßt sich auf diese Weise mit geringerem Energieaufwand und Investitionskosten verwirklichen. Es können herkömmliche Formteilautomaten auch zur Verarbeitung von Partikelschäumen aus Polyalkylenterephthalaten eingesetzt werden.

Wird der Partikelschaum mit Heißdampf unter Druck zu dem Formkörper gebildet, so kann der Druck und die Druckhaltezeit gesteuert werden, um den Partikelschaum zu tempern.

Es ist ferner möglich, den Werkstoffverbund nach der Erzeugung des Formkörpers weiter zu tempern, beispielsweise durch ein langsames und/oder gesteuertes Abkühlen, wobei der Wärmeinhalt im Inneren des Formkörpers genutzt wird. Es kann insbesondere der Werkstoffverbund unmittelbar nach Erreichen der erforderlichen Formstabilität an der Oberfläche aus der Form entnommen und anschließend langsam ausgekühlt werden.

Die zum Tempern notwendige Temperaturführung zur Erzeugung eines möglichst hohen Kristallitanteils kann durch eine herkömmliche DSC-Messung während des Prozesses oder an Prototypen gesteuert werden.

Ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellter Werkstoffverbund aus einem Formkörper aus einem Partikelschaum und wenigstens einer mit dem Formkörper verbundenen Schicht zeichnet sich dadurch aus, daß der Partikelschaum aus einem Polyalkylenterephthalat oder einem Blend aus Polyalkylenterephthalaten besteht.

Der Polyalkylenterephthalat-Partikelschaum des erfindungsgemäßen Werkstoffverbund weist eine außergewöhnlich hohe

Zug- und Scherfestigkeit auf. Gegenüber anderen Partikelschäumen, insbesondere den meist gebräuchlichen Polystyrolschäumen, zeichnet er sich durch sein hohes Rückstellvermögen aus, so daß bleibende Druckstellen vermieden werden. Er weist insbesondere gegenüber Polyolefin-Partikelschäumen eine erhöhte Wärmeformbeständigkeit auf und ist bei Temperaturen bis wenigstens 120°C stabil. Polyalkylenterephthalate, wie Polyethylenterephthalate (PET), Polypropylenterephthalate, Polybutylenterephthalate, Poly(1,4-cyclohexandimethylenterephthalat)e od. dgl., sind thermoplastische Polymere mit hoher Festigkeit, Steifigkeit und Formstabilität, guten Gleit- und Verschleißeigenschaften sowie hoher Chemikalienbeständigkeit. Aufgrund seiner thermoplastischen Eigenschaften ist der Polyalkylenterephthalat-Partikelschaum leicht recycelbar und somit umweltfreundlich. Auch bei einer thermischen Entsorgung desselben entstehen keine toxischen halogenierten Kohlenwasserstoffe.

Der Partikelschaum besteht bevorzugt aus PET, da PET aufgrund der teilkristallinen Struktur seiner Molekülketten eine besonders hohe Festigkeit und Dichte ( $D \approx 1,38 \text{ g/cm}^3$ ) und einen hohen Schmelzpunkt von etwa 260°C aufweist. Die teilkristallinen Strukturen und somit die Werkstoffeigenschaften von PET sind durch Copolymerisation mit höheren Terephthalsäureestern oder z.B. Isophthalsäure modifizierbar.

Zur Erhöhung der Festigkeit und insbesondere der Zähigkeit des Verbundwerkstoffes kann der Partikelschaum synthetische und/oder natürliche Verstärkungsfasern, z.B. Glas-, Metall-Carbon-, Aramid-, Holz-, Cellulose-, Hanffasern etc. aufweisen. Die Verstärkungsfasern sind vorzugsweise sowohl inter- als auch intrapartikulär angeordnet.



Der erfindungsgemäße Werkstoffverbund läßt sich in Platten oder als dreidimensionales Formteil, gegebenenfalls auch als Hohlkörper, beispielsweise durch Aufformen des Verbundwerkstoffes auf einen Kern, herstellen. Der erfindungsgemäße Werkstoffverbund ist deshalb in besonderem Maß geeignet für Formteile für Innenverkleidungen, Motorraumteile und Karosserieteile von Kraftfahrzeugen, z.B. Türinnenverkleidungen, Sonnenblenden, Instrumententafeln, Armaturen Bretter, Cockpitmodule, Motorraumauskleidungen, Stoßfänger, Fronthauben, Frontendträger, etc., für Möbel, insbesondere Gartenmöbel, für Sportgeräte, wie Surfbretter, Wellengleiter, Bootskörper, für Verpackungen, Isolationsbehälter oder Gehäuse oder für den Modellbau.

Je nach Verwendung des fertigen Formteils ist die mit dem Partikelschaum verbundene Schicht als eine eine Sichtseite bildende Deckschicht ausgestaltet, welche dem Verbundwerkstoff eine glatte oder strukturierte, dekorative Oberfläche und eine erhöhte Spritz-, Kratz- und Abriebfestigkeit verleiht. Die Deckschicht kann beispielsweise eine aus wenigstens einem thermoplastischen Polymer, z.B. eine Polyolefin-Folie sei, die insbesondere für eine glatte Oberfläche des Verbundkörpers sorgt. Die Deckschicht kann z.B. auch eine textile Struktur aufweisen, um dem Verbundkörper insbesondere für Innenverkleidungsteile von Kraftfahrzeugen eine gewünschte Optik und Haptik und beispielsweise eine Oberflächenstruktur zu verleihen.

In bevorzugter Ausführung besteht die Deckschicht aus Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET, oder einem Blend aus Polyalkylenterephthalaten. In diesem Fall ist der erfindungsgemäße Werkstoffverbund aufgrund seiner Sortenreinheit und seiner thermoplastischen Eigenschaften einerseits vollständig recycelbar und umweltfreundlich, andererseits ist zwischen dem Partikelschaum und der Deckschicht auf-

grund der Verträglichkeit gleicher bzw. ähnlicher Polymere eine feste und dauerhafte Verbindung gegeben.

Die Deckschicht ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante mit dem Partikelschaum verschweißt, oder sie ist auf den Partikelschaum aufkaschiert, z.B. flammkaschiert, kalandriert, auflaminiert od. dgl. Sie kann, wie bereits erwähnt, von einer aus Polyalkylenterephthalat bestehenden Tiefziehfolie gebildet sein.

In bevorzugter Ausführung ist die Deckschicht über eine Zwischenschicht aus Fasern auf den Partikelschaum aufgebracht, wobei die Zwischenschicht vorzugsweise ein Faser-  
vlies aufweist. Die Zwischenschicht kann z.B. auch ein Gewebe, Gewirke, Gelege, Gestricke od. dgl. sein.

Bevorzugt besteht die Zwischenschicht aus Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET, oder einem Blend aus Polyalkylenterephthalaten. Die Zwischenschicht kann mit synthetischen und/oder natürlichen Verstärkungsfasern, wie Glas-, Carbon-, Aramid-, Metall-, Cellulose-, Holz-, Hanffasern od. dgl. verstärkt sein, um die Festigkeit des Verbundwerkstoffes zu erhöhen.

Durch die vorzugsweise mit dem Partikelschaum verschweißte Zwischenschicht wird dieser einerseits bei einem Aufkaschieren der Deckschicht nicht thermisch beeinträchtigt, andererseits wird z.B. beim Hinterschäumen einer insbesondere mit der Deckschicht verschweißten Zwischenschicht vermieden, daß die Partikelstruktur des Partikelschaums in Form von Abdrücken durch die Deckschicht hindurch sichtbar ist. Ferner ergibt sich durch eine solche Zwischenschicht eine angenehme und weiche Haptik eines aus dem Werkstoffverbund bestehenden Formteils, welche für viele Anwendungsfälle gewünscht ist.

Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, daß die Zwischenschicht eine Mischfaserschicht ist, die einen Anteil von Fasern aus Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET, die mit dem Partikelschaum verschweißt sind, und einen weiteren Anteil von synthetischen und/oder natürlichen Verstärkungsfasern enthält, die eine ausreichende Benetzbarkeit für wenigstens ein die Deckschicht bildendes, aus der flüssigen Phase auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebracht

5 rephthalat, insbesondere PET, die mit dem Partikelschaum verschweißt sind, und einen weiteren Anteil von synthetischen und/oder natürlichen Verstärkungsfasern enthält, die eine ausreichende Benetzbarkeit für wenigstens ein die Deckschicht bildendes, aus der flüssigen Phase auf die

10 freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebracht

erstarrendes, ausgehärtendes und/oder vernetzendes Polymer aufweisen. In diesem Fall erfüllt die Zwischenschicht innerhalb des Verbundwerkstoffs zwei Aufgaben, nämlich ei-

15 nerseits die bekannte Verstärkungsfunktion hinsichtlich Festigkeit und Zähigkeit, andererseits die Funktion einer Haftvermittlung zwischen der Deckschicht und dem Polyalkylenterephthalat-Partikelschaum, indem sie Polyalkylenterephthalat-Fasern enthält, die beim Anschmelzen des Partikelschaums eine innige Schweißverbindung mit diesem eingehen.

20 Damit ist zwischen der als Mischfaserschicht ausgebildeten Zwischenschicht und dem Partikelschaum ein fester Verbund gegeben. Weiterhin besitzt die freie Oberfläche der Zwischenschicht eine ausreichende Benetzbarkeit für das Aufbringen oder Imprägnieren mit einem erstarrenden, ausgehärtenden bzw. einem vernetzendem Polymer, so daß auf den Verbund aus Mischfaserschicht und Polyalkylenterephthalat-Partikelschaum eine Beschichtung mit den geforderten Eigenschaften, z.B. glatte Oberfläche, Abriebfestigkeit, Spritz- und Kratzfestigkeit etc., aufgebracht ist. Die auf die

30 freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebrachte Beschichtung aus einem erstarrenden, aushärtenden oder vernetzenden Polymer kann ihrerseits mehrere Schicht aufweisen, z.B. sandwichartigen Aufbau besitzen.

Das auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht aus der flüssigen Phase aufgebrachte Polymer kann beispielsweise ein Thermoplast sein, der durch beliebige bekannte Verfahren, wie Spritzgießen bzw. Niederdruckspritzgießen, Auf-  
5 pressen, Aufextrudieren bzw. Coextrudieren, Thermoplastschaumgießen, Thermoformen, Flammsspritzen, durch Strangablege- oder Quellflußverfahren, auf die Mischfaserschicht aufgebracht sein. Der durch Erhitzen in die schmelze-flüssige Phase überführte Thermoplast, z.B. Polyolefine, Polystyrol,  
10 Polyacrylate etc., erstarrt beim Abkühlen auf der Mischfaserschicht, wobei diese hierbei nicht nur als Haftvermittler und zur Verstärkung dient, sondern insbesondere auch als Wärmeisolationsschicht wirkt, so daß der Partikelschaum beim Aufspritzen, Aufextrudieren od. dgl. nicht  
15 thermisch beeinträchtigt wird.

Bevorzugt ist der aus der flüssigen Phase aufgebrachte Thermoplast Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET, so daß sich der Verbundwerkstoff durch eine hohe thermische  
20 Beständigkeit sowie eine hohe Sortenreinheit und niedere Material- bzw. Herstellungskosten auszeichnet.

Das aus der flüssigen Phase aufgebrachte Polymer kann auch ein vernetzendes Polymer in Form eines Elastomers z.B. eines Kautschuks sein. Mit einem Elastomer lassen sich zu-  
5 sätzliche Funktionen im Oberflächenbereich verwirklichen, wie erhöhte Griffigkeit, Dämpfung gegen Druck- und Stoßkräfte etc.

Selbstverständlich kann auch ein vernetzendes Polymer in Form eines Duroplasten auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebracht sein. Der Duroplast kann -wie auch das Elastomer- auf beliebige Weise, z.B. durch Slush-  
30 Techniken, Tränken, Imprägnieren, Sprühen oder Reaktions-spritzgießen (RIM, reaction injection molding, bzw. RRIM,  
35

reinforced reaction injection molding, oder SRIM, structural reaction injection molding), welches auf raschem Dosieren und Mischen der flüssigen duroplastischen Komponenten, Injektion des reaktiven Gemischs auf die Mischfaserschicht und schnellem Aushärten beruht, aufgebracht sein. Es können z.B. auch flüssige Mono- bzw. Oligomere mit in diesen eingemischten pulverförmigen Polymeren verwendet werden, wobei diese für die Mono- bzw. Oligomere beim Aushärten oder Vernetzen auf der Mischfaserschicht nach Art von Kristallisationskeimen wirken und das ausgehärtete und/oder vernetzte Polymer aufgrund des Anteils an bereits polymerisierten Partikeln eine geringe Polymerisationsschwindung aufweist. Auch bei Verwendung von Duroplasten oder Elastomeren wirkt die Mischfaserschicht zusätzlich als Wärmeisolationsschicht, um den Partikelschaum bei der in der Regel exothermen Vernetzung nicht zu beeinträchtigen. Als Duroplaste kommen im wesentlichen sämtliche bekannten Duroplaste in Frage, z.B. Polyurethane, Epoxid-, Melamin-, Harnstoff-, Formaldehyd- oder Phenolharze sowie Compounds der genannten Harze.

Um dem erfindungsgemäßen Werkstoffverbund eine noch höhere Festigkeit zu verleihen, kann das aus der flüssigen Phase auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebrachte Polymer mit synthetischen und/oder mit natürlichen Fasern verstärkt sein.

Das aus der flüssigen Phase auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebrachte Polymer kann auch zumindest sichtsseitig eine Dekorschicht, wie eine Folie, ein Textil od. dgl. aufweisen, welche auf beliebige bekannte Weise entweder auf das erstarrte, ausgehärtete und/oder vernetzte Polymer oder gemeinsam mit dem Aufbringen des flüssigen Polymers auf die Mischfaserschicht auf dieses aufgebracht sein kann. Als Dekorschicht kommt z.B. auch ein Furnier,

wie ein Holzfurnier, in Frage, welches auf die glatte Oberfläche des erstarrten, ausgehärteten und/oder vernetzten Polymers aufgeklebt ist.

5 In Weiterbildung des erfindungsgemäßen Werkstoffverbundes ist vorgesehen, daß an wenigstens einer freien Oberfläche des Partikelschaums oder innerhalb desselben wenigstens eine Trägerschicht angeordnet ist. Die Trägerschicht weist bevorzugt wenigstens ein kompaktes Einlegeteil, z.B. ein  
10 Tragelement in Form eines Spritzgießteils auf. Sie besteht bevorzugt aus einem kompakten Polymer und enthält weiterhin bevorzugt Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET, oder ist gänzlich hieraus gebildet. Die Trägerschicht ist vorzugsweise mit dem Partikelschaum verschweißt. In diesem  
15 Fall sorgt die aus Kompaktmaterial bestehende Trägerschicht für die größtmögliche Stabilität und Dauerhaftigkeit des Verbundwerkstoffes, während der Partikelschaum z.B. als Isolationsschicht gegen Stoß, Schall oder Wärme dient und zur Gewichtseinsparung des Verbundwerkstoffes beiträgt. Ist  
20 der Verbundwerkstoff mit einer Deckschicht ausgestattet, so verleiht ihm diese, wie bereits erwähnt, eine glatte oder strukturierte Oberfläche und eine höhere Kratz- und Abriebfestigkeit.

5 Die Erfindung betrifft auch aus einem Verbundwerkstoff des vorgenannten Aufbaus bestehende Formteile sowie Verfahren zur Herstellung solcher Formteile. Gemäß einer Ausführung eines solchen Verfahrens ist vorgesehen, daß dicht gepackte Partikel aus geschäumtem und/oder mit einem Treibmittel  
30 versehenem, vorgeschäumtem Polyalkylenterephthalat mit einem niedrigen Kristallitanteil in einer Form auf eine die Oberfläche der Partikel anschmelzende Temperatur gebracht und miteinander zu dem Formkörper verbunden werden, und daß nach dem Abkühlen auf wenigstens eine freie Oberfläche des  
35 Partikelschaum-Formkörpers wenigstens eine Schicht, wie ei-

ne Deckschicht, auflaminiert wird, und daß der Partikel-  
schaum-Formkörper durch entsprechende Temperaturführung  
während seiner Herstellung und/oder während des Abkühlens  
getempert wird. Der Begriff "Form" bezeichnet in diesem Zu-  
5 sammenhang jede formbildende Maßnahme, die zu plattenförmigen,  
räumlichen oder hohlen Formteilen führt.

Die dicht gepackten Polyalkylenterephthalat-Partikel werden  
auf eine Temperatur gebracht, bei der die Partikel nur o-  
10 berflächig anschmelzen und miteinander verschweißen. Nach  
Abkühlen des Schaumkörpers wird die glatte oder eine texti-  
le Struktur aufweisende Deckschicht, welche insbesondere  
aus thermoplastischen Polymeren, z.B. Polyalkylenterephtha-  
lat, besteht mittels beliebiger Techniken, z.B. durch  
15 Flammkaschieren, Tiefziehen od. dgl. auflaminiert. In be-  
vorzugter Ausführung werden die Partikel in Gegenwart einer  
textilen Zwischenschicht, z.B. einem Vlies aus Polyalkylen-  
terephthalat, auf eine die Oberfläche der Partikel an-  
schmelzende Temperatur gebracht und wird die Zwischen-  
20 schicht hinterschäumt, der erhaltene Verbund abgekühlt und  
daraufhin auf die Zwischenschicht die Deckschicht auflami-  
niert. Derart wird sichergestellt, daß beim Auflaminieren  
der Deckschicht der Partikelschaum nicht thermisch beein-  
trächtigt wird und -z.B. im Falle einer Deckschicht in Form  
einer dünnen Folie- die Schaumpartikel durch die Deck-  
schicht hindurch nicht sichtbar sind. Durch die Zwischen-  
schicht wird insbesondere auch eine weiche Haptik erzielt.

Gemäß einer anderen Verfahrensvariante zur Herstellung ei-  
30 nes Formteils aus einem derartigen Werkstoffverbund ist  
vorgesehen, daß wenigstens eine Schicht, wie eine Deck-  
schicht, und dicht gepackte Partikel aus geschäumtem  
und/oder mit einem Treibmittel versehenem, vorgeschäumtem  
Polyalkylenterephthalat in einer Form auf eine zumindest  
35 die Oberfläche der Partikel anschmelzende Temperatur ge-

bracht werden und die Deckschicht hinterschäumt und der Verbundwerkstoff anschließend abgekühlt wird. Auch in diesem Fall kann vorzugsweise zwischen den Partikeln und der Deckschicht eine Zwischenschicht, z.B. ein Vlies aus Polyalkylenterephthalat, angeordnet und die Zwischenschicht insbesondere sowohl mit dem Partikelschaum unter Hinterschäumen derselben als auch mit der Deckschicht verschweißt werden. Durch das Hinterschäumen wird eine dauerhafte Verbindung der Schichten erreicht, wobei das einstufige Verfahren eine schnelle und preiswertige Fertigung des erfindungsgemäßen Werkstoffverbundes gewährleistet. Alternativ kann auch zunächst die Zwischenschicht mit der Deckschicht verbunden, z.B. verschweißt und anschließend die Zwischenschicht hinterschäumt werden.

15

Ein anderes Verfahren zur Herstellung eines Formteils aus einem erfindungsgemäßen Werkstoffverbund sieht vor, daß eine Zwischenschicht in Form einer Mischfaserschicht, die einen Anteil von Fasern aus Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET, und einen weiteren Anteil von Verstärkungsfasern mit einer ausreichenden Benetzbarkeit für ein die Deckschicht bildendes Polymer in flüssiger Phase enthält, und dicht gepackte Partikel aus geschäumten und/oder mit wenigstens einem sich im Bereich der Schmelztemperatur des Polyalkylenterephthalats zersetzenden Treibmittel versehenem Polyalkylenterephthalat in einer Form auf eine die Oberfläche der Partikel und der Polyalkylenterephthalat-Fasern der Mischfaserschicht anschmelzende Temperatur gebracht werden, der erhaltene Verbund anschließend abgekühlt und daraufhin auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht das erstarrende, aushärtende und/oder vernetzende Polymer aus der flüssigen Phase aufgebracht wird. Da die als Mischfaserschicht ausgebildete Zwischenschicht in diesem Fall Polyalkylenterephthalat-Fasern enthält, werden diese Fasern also angeschmolzen und entsteht so ein stoff-

35



schlüssiger Verbund zwischen der Mischfaserschicht und dem Partikelschaum. Anschließend wird, wie bereits erwähnt, auf die Mischfaserschicht ein schmelzflüssiger Thermoplast oder ein aushärtbares bzw. vernetzendes Polymer (Elastomer oder Duroplast) mittels beliebiger Techniken aus der flüssigen Phase aufgebracht und nach Erstarren bzw. Aushärten oder Vernetzen das gewünschte Formteil erhalten. Über das erstarrende, vernetzende oder aushärtende Polymer können, z.B. auch zwei Formteile miteinander verbunden werden.

10

Stattdessen kann die Deckschicht auch vorgefertigt, also beispielsweise die Mischfaserschicht mit dem erstarrenden, aushärtbaren und/oder vernetzenden Polymer imprägniert werden. Dabei ist nur darauf zu achten, daß das Polymer nicht auf die andere Seite der Mischfaserschicht durchschlägt. Anschließend werden auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht die Schaumpartikel aufgebracht und erhitzt, wobei sie gleichzeitig eine innige Verbindung mit den Polyalkylenterephthalat-Fasern der Mischfaserschicht eingehen.

20

Eine Ausführungsform sieht vor, daß das erstarrende, aushärtbare und/oder vernetzende Polymer in der flüssigen Phase mit synthetischen und oder natürlichen Verstärkungsfasern versetzt und daraufhin auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebracht wird. Handelt es sich bei dem Polymer beispielsweise um einen Thermoplasten, der auf die Mischfaserschicht aufextrudiert wird, so können die Verstärkungsfasern z.B. einem Extruder in einem Bereich der Extruderschnecke zugesetzt werden, in dem der Thermoplast im wesentlichen vollständig plastifiziert ist. Die Verstärkungsfasern können dem flüssigen Polymer -gleichwohl ob es sich bei dem Polymer um einen Thermoplasten, ein Elastomer oder ein Duromer handelt- auf beliebige Weise zugesetzt werden.

30

- Auf das aus der flüssigen Phase aufgebraachte Polymer kann gegebenenfalls sichtseitig eine Dekorschicht, wie eine Folie, ein Textil od. dgl., aufgebracht werden. Hierbei ist
- 5 in bevorzugter Ausführung vorgesehen, daß die Dekorschicht zugleich mit dem Polymer durch Hinterspritzen, Hinterpres- sen od. dgl. auf die Mischfaserschicht aufgebracht wird. Somit kann z.B. auf den aus Partikelschaum und Mischfaser- schicht bestehenden Verbund das Polymer aus der flüssigen
- 10 Phase derart aufgebracht werden, indem der Verbund und die Dekorschicht in einer Form angeordnet und zwischen Verbund und Dekorschicht das flüssige und gegebenenfalls mit Ver- stärkungsfasern versetzte Polymer mittels beliebiger ge- nannter Techniken eingebracht wird. Die glatte Oberfläche
- 15 der erstarrten, ausgehärteten bzw. vernetzten Polymers kann auch auf einfache Weise nachträglich mit einer Dekor- schicht, z.B. mit einem aufgeklebten Holzfurnier, versehen werden.
- 20 Bei allen genannten Verfahren können die Partikel in Gegen- wart einer kompakten Trägerschicht in der Form auf eine zu- mindest die Oberfläche der Partikel anschmelzende Tempera- tur gebracht und der Träger hinter- bzw. umschäumt werden. Vorzugsweise wird eine Trägerschicht aus einem Polymer oder einem Polymerblend, z.B. aus im wesentlichen kompaktem Po- lyalkylenterephthalat, wie PET, verwendet.

- Die Partikel sowie gegebenenfalls die Deckschicht und/oder die Zwischenschicht können mittels einer sie diffundieren- den Gasphase, z.B. Heißdampf, auf die Schmelztemperatur ge-
- 30 bracht werden. Dieses Verfahren führt aufgrund der diffusi- onsoffenen Struktur der Schichten zu einem innigen Verbund des Partikelschaums sowie der Schichten untereinander.

Stattdessen können die Partikel und gegebenenfalls die Deckschicht und/oder die Zwischenschicht und/oder die Trägerschicht mittels Mikrowellenenergie auf Schmelztemperatur gebracht werden, wobei vorzugsweise ein mikrowellenabsorbierendes Medium, wie Wasser, Alkohole od. dgl., verwendet werden kann. Das mikrowellenabsorbierende Medium kann beispielsweise in der flüssigen Phase auf die zu verbindenden Oberflächen aufgebracht und nach Verdunsten desselben aus der Form abgezogen werden. Derart kann durch Art und Menge des verwendeten mikrowellenabsorbierenden Mediums einerseits eine zuverlässige Schweißverbindung sichergestellt, andererseits eine lokale Überhitzung in der Form ausgeschlossen werden.

Nachstehend ist die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im einzelnen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: einen Querschnitt eines aus einem erfindungsgemäßen Verbundwerkstoff hergestellten Formteils in Form eines Sportgerätes und

Fig. 2: einen Querschnitt eines aus einem erfindungsgemäßen Verbundwerkstoff hergestellten Formteils in Form eines Ausstattungsteils für den Innenbereich von Kraftfahrzeugen.

Das in Fig. 1 dargestellte Formteil 5a, beispielsweise ein Surfbrett, weist eine kompakte Trägerschicht 1 auf, die z.B. aus PET oder aus einem Blend von PET und andere Polyalkylenterephthalaten bestehen kann. Die Trägerschicht 1 umgebend ist ein Partikelschaum 2 angeordnet, der ebenfalls z.B. aus PET oder aus einem Blend von PET und anderen Polyalkylenterephthalaten besteht und insbesondere mit der Trägerschicht verschweißt ist, so daß eine innige Verbindung

zwischen Trägerschicht 1 und Partikelschaum 2 vorhanden ist. Auf dem Partikelschaum ist eine Zwischenschicht 4 in Form einer Mischfaserschicht angeordnet, die einen Anteil von Polyalkylenterephthalatfasern enthält, welche mit dem Partikelschaum 2 verschweißt sind. Weiterhin enthält die Mischfaserschicht Verstärkungsfasern, z.B. Glas- oder Carbonfasern, welche eine ausreichende Benetzbarkeit für eine Deckschicht 3 bildendes, aus der flüssigen Phase auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebracht

10 erstarrtes, ausgehärtetes oder vernetztes Polymer, z.B. Polyurethan, aufweisen. Die Deckschicht 3 sorgt für eine hohe Diffusionsdichtigkeit, Spritz-, Kratz-, und Abriebfestigkeit. Sie kann auch einen sandwichartigen Aufbau aus mehreren übereinander angeordneten Schichten haben.

15

In Fig. 2 ist ein sortenreines Formteil 5b, beispielsweise ein Armaturenbrett 7 eines Kraftfahrzeuges mit einem Instrumentengehäuse 6 dargestellt. Das Formteil 5b besteht z.B. aus einem PET-Partikelschaum 2 und einer sichtseitig auf diesen aufgetragenen dekorativen Deckschicht 3 aus PET. Die Deckschicht 3 kann z.B. in Form eines Textils, wie eines Gewebes, Gewirkes od. dgl., ausgebildet sein. Eine zwischen Partikelschaum 2 und Deckschicht 3 angeordnete, beispielsweise aus einem PET-Vlies bestehende Zwischenschicht 4 sorgt für eine weiche Haptik des Formteils 5b. Ist die Deckschicht 3 auf den Partikelschaum 2 auflaminiert, so stellt die Zwischenschicht 4 zusätzlich einen Schutz vor thermischer Beeinträchtigung des Partikelschaums 2 beim Aufbringen der Deckschicht 3 dar. Ist die z.B. mit der

20

30 Deckschicht 3 verschweißte Zwischenschicht 4 mit dem Partikelschaum 2 hinterschäumt, so wird ein Durchschlagen des Partikelschaums 2 an die sichtseitige Oberfläche der Deckschicht 3 verhindert.

Fraunhofer-Gesellschaft  
zur Förderung der angewandten  
Forschung e.V.  
Leonrodstraße 54

10. März 2000  
17305.7 Lj/sb

80636 München

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes aus einem Partikelschaum aus einem thermoplastischen Kunststoff und wenigstens einer mit diesem verbundenen  
5 Schicht, indem die vorgeschäumten Partikel auf eine Temperatur im Bereich der Schmelztemperatur erhitzt und miteinander zu einem Formkörper verbunden werden und währenddessen oder danach mit der Schicht verbunden werden, dadurch gekennzeichnet, daß ein Partikelschaum  
10 aus Polyalkylenterephthalat oder einem Blend aus Polyalkylenterephthalat mit einem niedrigen Kristallitanteil in ansonsten amorpher Phase eingesetzt wird, und daß der Partikelschaum bei der Bildung des Formkörpers bzw. des Verbundes mit der Schicht und/oder anschlie-  
15 ßend daran bei einer die amorphe Phase in einen höheren Gesamt-Kristallitanteil umwandelnden Temperatur getempert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Partikelschaum mit Heißdampf unter Druck zu dem Formkörper gebildet wird, und der Druck oder die Druckhaltezeit zum Tempern des Partikelschaums gesteuert wird.  
5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Formkörper nach seiner Herstellung weiter getempert wird.  
10
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Formkörper nach seiner Herstellung langsam ausgekühlt wird.
- 15 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturführung beim Tempern aufgrund einer DSC-Messung gesteuert wird.
- 20 6. Werkstoffverbund, bestehend aus einem Formkörper aus einem Partikelschaum und wenigstens einer mit dem Formkörper verbundenen Schicht, hergestellt nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Partikelschaum (2) aus einem Polyalkylenterephthalat oder einem Blend aus Polyalkylenterephthalaten besteht.
7. Werkstoffverbund nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Partikelschaum (2) aus Polyethylenterephthalat (PET) besteht.  
30
8. Werkstoffverbund nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Partikelschaum synthetische und/oder natürliche Verstärkungsfasern aufweist.

9. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mit dem Partikelschaum (2) verbundene Schicht eine eine Sichtseite bildende Deckschicht (3) ist.

5

10. Werkstoffverbund nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Deckschicht (3) eine Folie aus wenigstens einem thermoplastischen Polymer ist.

10

11. Werkstoffverbund nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Deckschicht (3) eine textile Struktur aufweist.

15

12. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Deckschicht (3) aus Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET, oder einem Blend aus Polyalkylenterephthalaten besteht.

20

13. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Deckschicht (3) mit dem Partikelschaum (2) verschweißt ist.

14. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Deckschicht (3) auf den Partikelschaum (2) aufkaschiert ist.

30

15. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 6 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Deckschicht (3) und dem Partikelschaum (2) eine Zwischenschicht (4) aus Fasern angeordnet ist.

35

16. Werkstoffverbund nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht (4) ein Faservlies, -gelege, -gewebe, -gewirke oder -gestricke ist.

17. Werkstoffverbund nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern der Zwischenschicht aus Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET, oder einem Blend aus Polyalkylenterephthalat besteht.
- 5
18. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht (4) synthetische und/oder natürliche Verstärkungsfasern aufweist.
- 10
19. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 15 bis 18 dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht (4) mit dem Partikelschaum (2) verschweißt ist.
- 15
20. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht (4) mit der Deckschicht (3) verschweißt ist.
- 20
21. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Deckschicht (3) auf die Zwischenschicht (4) aufkaschiert ist.
- 25
22. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht (4) eine Mischfaserschicht ist, die einen Anteil von Fasern aus Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET, die mit dem Partikelschaum (1) verschweißt sind, und einen weiteren Anteil von synthetischen und/oder natürlichen Verstärkungsfasern enthält, die eine ausreichende Benetzbarkeit für wenigstens ein die Deckschicht (3) bildendes, aus der flüssigen Phase auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebracht, erstarrendes, aushärtendes und/oder vernetztes Polymer aufweisen.
- 30



23. Werkstoffverbund nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das auf die freie Oberfläche der Mischfaser-schicht aufgebrachte Polymer ein Thermoplast ist.
- 5 24. Werkstoffverbund nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das auf die freie Oberfläche der Mischfaser-schicht aufgebrachte Polymer Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET ist.
- 10 25. Werkstoffverbund nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das auf die freie Oberfläche der Mischfaser-schicht aufgebrachte Polymer ein Elastomer ist.
- 15 26. Werkstoffverbund nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das auf die freie Oberfläche der Mischfaser-schicht aufgebrachte Polymer ein Duroplast ist.
- 20 27. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 22 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß das aus der flüssigen Phase auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebrachte Polymer faserverstärkt ist.
- 25 28. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 22 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß das aus der flüssigen Phase auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebrachte Polymer zumindest sichtseitig eine Dekorschicht, wie eine Folie, ein Textil od. dgl., aufweist.
- 30 29. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 6 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß an einer freien Oberfläche des Partikelschaums (2) oder innerhalb desselben wenigstens eine Trägerschicht (1) angeordnet ist.
- 35 30. Werkstoffverbund nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht wenigstens ein kompaktes

Einlegeteil aufweist.

31. Werkstoffverbund nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht (1) aus wenigstens  
5 einem Polymer besteht und kompakt ausgebildet ist.
32. Werkstoffverbund nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht (1) Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET, enthält oder ausschließlich hieraus  
10 gebildet ist.
33. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 28 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht (1) mit dem Partikelschaum (2) verschweißt ist.  
15
34. Werkstoffverbund nach einem der Ansprüche 6 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere, insbesondere sandwichartig angeordnete Schichten vorgesehen sind, von denen wenigstens eine ein Partikelschaum (2) aus Poly-  
20 alkylenterephthalat, insbesondere PET ist.
35. Formteil (5a, 5b) aus einem Werkstoffverbund gemäß einem der Ansprüche 6 bis 33.
36. Verwendung eines Formteils gemäß Anspruch 35 für Innenverkleidungen oder als technische Bauteile an Kraft-  
25 fahrzeugen.
37. Verwendung eines Formteils gemäß Anspruch 35 für Möbel, insbesondere Gartenmöbel.  
30
38. Verwendung des Formteils gemäß Anspruch 35 für Sportgeräte, wie Surfbretter, Wellengleiter, Bootskörper od.  
dgl.  
35

39. Verwendung eines Formteils gemäß Anspruch 35 für Verpackungen, Isolationsbehälter oder Gehäuse.
40. Verfahren zur Herstellung eines Formteils (5a, 5b) aus  
5 einem Werkstoffverbund gemäß einem der Ansprüche 6 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß Partikel aus geschäumtem und/oder mit einem Treibmittel versehenem, vorgeschäumtem Polyalkylenterephthalat mit einem niedrigen Kristallitanteil in ansonsten amorpher Phase in einer  
10 Form auf eine die Oberfläche der Partikel anschmelzende Temperatur gebracht und miteinander zu dem Formkörper verbunden werden, und daß nach dem Abkühlen auf wenigstens eine Schicht, wie eine Deckschicht (3), auflaminiert wird, und daß der Partikelschaum-Formkörper durch  
15 entsprechende Temperaturführung während seiner Herstellung und/oder während des Abkühlens getempert wird.
41. Verfahren nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, daß  
20 die Partikel in Gegenwart einer Polyalkylenterephthalat enthaltenden Zwischenschicht (4) auf eine die Oberfläche der Partikel anschmelzende Temperatur gebracht werden und die Zwischenschicht (4) hinterschäumt, der erhaltene Verbund abgekühlt und daraufhin auf die Zwischenschicht (4) die Deckschicht (3) auflaminiert wird.
42. Verfahren zur Herstellung eines Formteils (5a, 5b) aus  
25 einem Werkstoffverbund gemäß einem der Ansprüche 6 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Schicht, wie eine Deckschicht, und dicht gepackte Partikel aus geschäumtem und/oder mit einem Treibmittel versehenem vorgeschäumtem Polyalkylenterephthalat in  
30 einer Form auf eine zumindest die Oberfläche der Partikel anschmelzende Temperatur gebracht werden und die Deckschicht (3) hinterschäumt und der Verbundwerkstoff  
35 anschließend abgekühlt wird, und daß der Partikel-

schaum-Formkörper durch entsprechende Temperaturführung während seiner Herstellung und/oder während des Abkühlens getempert wird.

5 43. Verfahren nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß  
zwischen den Partikeln und der Deckschicht (3) eine  
Zwischenschicht (4) angeordnet und die Zwischenschicht  
(4) sowohl mit dem Partikelschaum (2) unter Hinter-  
schäumen derselben als auch mit der Deckschicht (3)  
10 verschweißt wird.

15 44. Verfahren zur Herstellung eines Formteils aus einem  
Werkstoffverbund gemäß einem der Ansprüche 5 bis 34,  
dadurch gekennzeichnet, daß eine Zwischenschicht (4) in  
Form einer Mischfaserschicht (2), die einen Anteil von  
Fasern aus Polyalkylenterephthalat, insbesondere PET,  
und einen weiteren Anteil von Verstärkungsfasern mit  
einer ausreichenden Benetzbarkeit für ein die Deck-  
schicht bildendes Polymer in flüssiger Phase enthält,  
20 und dicht gepackte Partikel aus geschäumtem und/oder  
mit wenigstens einem Treibmittel versehenem, vorge-  
schäumtem Polyalkylenterephthalat in einer Form auf ei-  
ne die Oberfläche der Partikel und der Polyalkylente-  
rephthalat-Fasern der Mischfaserschicht anschmelzende  
Temperatur gebracht werden, der erhaltene Verbund an-  
schließend abgekühlt und daraufhin auf die freie Ober-  
fläche der Mischfaserschicht das erstarrende, aushär-  
tende und/oder vernetzende Polymer aus der flüssigen  
Phase aufgebracht wird, und daß der Partikelschaum-  
30 Formkörper durch entsprechende Temperaturführung wäh-  
rend seiner Herstellung und/oder während des Abkühlens  
getempert wird.

35 45. Verfahren nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, daß  
das erstarrende, aushärtende und/oder vernetzende Poly-

mer in der flüssigen Phase mit synthetischen und/oder natürlichen Verstärkungsfasern versetzt und daraufhin auf die freie Oberfläche der Mischfaserschicht aufgebracht wird.

5

46. Verfahren nach Anspruch 44 und 45, dadurch gekennzeichnet, daß auf das aus der flüssigen Phase aufgebrachte Polymer sichtseitig eine Dekorschicht, wie eine Folie ein Textil oder dergleichen, aufgebracht wird.

10

47. Verfahren nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß die Dekorschicht zugleich mit dem Polymer durch Hinterspritzen, Hinterpressen oder dergleichen auf die Mischfaserschicht aufgebracht wird.

15

48. Verfahren nach einem der Ansprüche 40 bis 47, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikel in Gegenwart einer kompakten Trägerschicht (1), insbesondere aus wenigstens einem Polymer, in der Form auf eine zumindest die Oberfläche der Partikel anschmelzende Temperatur gebracht und die Trägerschicht (1) hinter- bzw. umschäumt wird.

20

49. Verfahren nach einem der Ansprüche 40 bis 48, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikel und gegebenenfalls die Deckschicht (3) und/oder die Zwischenschicht (4) mittels einer sie diffundierenden, heißen Gasphase auf Schmelztemperatur gebracht werden.

30

50. Verfahren nach einem der Ansprüche 40 bis 48, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikel und gegebenenfalls die Deckschicht (3) und/oder die Zwischenschicht (4) und/oder die Trägerschicht (1) mittels Mikrowellenenergie auf Schmelztemperatur gebracht werden.

35

51. Verfahren nach Anspruch 50, dadurch gekennzeichnet, daß ein mikrowellenabsorbierendes Medium verwendet wird.

Fraunhofer-Gesellschaft  
zur Förderung der angewandten  
Forschung e.V.  
Leonrodstraße 68

10. März 2000  
17305.7 Lj/bl

80636 München

### Zusammenfassung

Zur Herstellung eines Werkstoffverbundes aus einem Partikelschaum aus thermoplastischem Kunststoff und wenigstens einer mit diesem verbundenen Schicht werden die vorgeschäumten Partikel auf eine Temperatur im Bereich der Schmelztemperatur erhitzt und miteinander zu einem Formkörper verbunden und währenddessen oder danach mit der Schicht verbunden. Ein solches Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß ein Partikelschaum aus Polyalkylenterephthalat oder einem Blend aus Polyalkylenterephthalat mit einem niedrigen Kristallitanteil in ansonsten amorpher Phase eingesetzt wird, und daß der Partikelschaum bei der Bildung des Formkörpers bzw. des Verbundes mit der Schicht und/oder anschließend daran bei einer die amorphe Phase in einen höheren Kristallitanteil umwandelnden Temperatur getempert wird.

